

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-190916

(P2001-190916A)

(43)公開日 平成13年7月17日(2001.7.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
B 0 1 D 46/00	3 0 2	B 0 1 D 46/00	3 0 2 4 D 0 4 8
53/86	Z A B	B 0 1 J 23/40	A 4 D 0 5 8
B 0 1 J 23/40		35/04	3 0 1 C 4 G 0 6 9
35/04	3 0 1		3 0 1 E
			3 0 1 J

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-5063(P2000-5063)

(22)出願日 平成12年1月13日(2000.1.13)

(71)出願人 00004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72)発明者 原田 節

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72)発明者 宮入 由紀夫

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74)代理人 100088616

弁理士 渡邊 一平

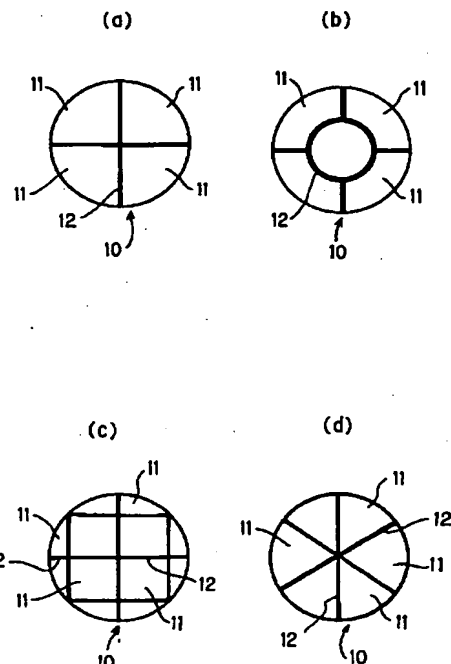
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ハニカム構造体

(57)【要約】

【課題】 使用時における熱応力の発生が小さく、クラックが発生しない耐久性を有し、中央部と外周部の温度差が生じにくく、かつ流体の圧力損失が小さく、再生処理時の昇温に必要な時間、エネルギーの小さいハニカム構造体を提供する。

【解決手段】 隔壁により仕切られた軸方向に貫通する多数の流通孔を有し、流通孔の隔壁が濾過能を有し、所定の流通孔については一方の端部を封じ、残余の流通孔については他方の端部を封じてなる2個以上のハニカムセグメント11と、2個以上のハニカムセグメント11の間を接合する接合層12とからなるハニカム構造体10である。接合層12材質のヤング率がハニカムセグメント11材質のヤング率の20%以下であること、又は、接合層12の材料強度がハニカムセグメント11の材料強度より小さいことのうち、少なくともいずれか一方を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 隔壁により仕切られた軸方向に貫通する多数の流通孔を有し、該流通孔の隔壁が濾過能を有し、所定の流通孔については一方の端部を封じ、残余の流通孔については他方の端部を封じてなる2個以上のハニカムセグメントと、該2個以上のハニカムセグメント間を接合する接合層とからなるハニカム構造体において、該接合層材質のヤング率が該ハニカムセグメント材質のヤング率の20%以下であること、又は、該接合層の材料強度が該ハニカムセグメントの材料強度より小さいことのうち、少なくともいずれか一方を満足することを特徴とするハニカム構造体。

【請求項2】 接合層に接するハニカムセグメント表面の内少なくとも30%以上の面積を占める部分の平均的な表面粗さがRa0.4ミクロンを超えることを特徴とする請求項1記載のハニカム構造体。

【請求項3】 ハニカム構造体を構成する全てのハニカムセグメントの総熱容量に対する、ハニカム構造体内の全ての接合層の総熱容量の比率が30%以下であることを特徴とする請求項1又は2記載のハニカム構造体。

【請求項4】 ハニカム構造体の流通孔に直交する断面におけるハニカムセグメント断面形状の角部が曲率半径0.3mm以上で丸められているか、または0.5mm以上の面取りがされていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のハニカム構造体。

【請求項5】 ハニカム構造体の流通孔に直交する断面におけるハニカム構造体断面に占める接合層総断面面積の比率が17%以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のハニカム構造体。

【請求項6】 ハニカム構造体の流通孔に直交するハニカム構造体断面における隔壁断面の総和に対する接合層断面の総和の比率が50%以下であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のハニカム構造体。

【請求項7】 前記ハニカムセグメントが、コーージェライト、SiC、SiN、アルミナ、ムライト及びリチウムアルミニウムシリケート(LAS)からなる群より選ばれた1種を主結晶相とする請求項1～6のいずれか1項に記載のハニカム構造体。

【請求項8】 前記ハニカムセグメントに触媒能を有する金属を担持し、熱機関若しくは燃焼装置の排気ガスの浄化、又は液体燃料若しくは気体燃料の改質に用いられるようにした請求項1～7のいずれか1項に記載のハニカム構造体。

【請求項9】 前記触媒能を有する金属が、Pt、Pd及びRhのうちの少なくとも1種である請求項8記載のハニカム構造体。

【請求項10】 前記ハニカムセグメントの前記流通孔の断面形状が、三角形、四角形及び六角形のうちのいずれかである請求項1～9のいずれか1項に記載のハニカ

ム構造体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関等の熱機関又はボイラー等の燃焼装置において排出される粒子状物質を捕集除去するフィルタとして用いられるハニカム構造体に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、ディーゼルエンジン等から排出される排気ガスのような含塵流体中に含まれる粒子状物質を捕集除去する方法として、流通孔の隔壁が濾過能を有し、所定の流通孔については一方の端部を封じ、残余の流通孔については他方の端部を封じてなるハニカム構造体を用いることが知られている。

【0003】 このようなハニカム構造体が排気中の粒子状物質を捕集するフィルタとして用いられる場合には、溜まったカーボン微粒子を燃焼させて除去するという再生処理を行うことが必要であり、この際に局所的な高温化が避けられないため、大きな熱応力が発生し易く、クラックが発生し易いという問題があった。

【0004】 このような構造部品に発生する熱応力を低減する方策として、その構造部品をより小さなセグメントに分割する方法が知られており、これを排気ガス中の微粒子捕集用のハニカム構造体に適用する提案は、既に、例えば特開平6-241017号公報、特開平8-28246号公報、特開平7-54643号公報、特開平8-28248号公報等においてなされている。

【0005】 しかしながら、上記の提案で示された例によっても、セグメント表面の応力低減効果が不十分であり、クラック発生の問題は完全には解決できなかった。また、使用中、セグメント間に軸方向のずれが生じる問題があり、軸方向のずれを防止する保持部材を用いる方法が特開平6-241017号公報で提案されているが、排気ガスの高温に晒された際の保持部材の変形と劣化の問題があった。

【0006】 熱応力を低減する他の方策として、ハニカム構造体内の温度分布を均一化すべく、セグメント間に電気ヒータを設置して、相対的に低温になり易い部位を電気加熱する方法も提案されているが、電気ヒータ近傍ではむしろ、局所的な温度勾配が大きくなることによる新たな熱応力発生の問題があった。また、セグメント間の接合層が断面に占める割合が大きすぎ、流体の圧力損失が過大になり、エンジン性能を悪化させる問題や、熱容量が大きくなりすぎ、カーボン微粒子を燃焼除去させる再生処理において昇温に時間がかかり、再生処理に必要な時間が長くなってしまいう問題があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明はこのような従来の課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、使用時における熱応力の発生が小さく、ク

ラックが発生しない耐久性を有し、中央部と外周部の温度差が生じにくく、かつ、流体の圧力損失が小さく、再生処理時の昇温に必要な時間、エネルギーの小さいハニカム構造体を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 すなわち、本発明によれば、隔壁により仕切られた軸方向に貫通する多数の流通孔を有し、該流通孔の隔壁が濾過能を有し、所定の流通孔については一方の端部を封じ、残余の流通孔については他方の端部を封じてなる2個以上のハニカムセグメントと、該2個以上のハニカムセグメント間を接合する接合層とからなるハニカム構造体において、該接合層材質のヤング率が該ハニカムセグメント材質のヤング率の20%以下であること、又は、該接合層の材料強度が該ハニカムセグメントの材料強度より小さいことのうち、少なくともいずれか一方を満足することを特徴とするハニカム構造体を提供される。

【0009】 本発明においては、接合層に接するハニカムセグメント表面の内少なくとも30%以上の面積を占める部分の平均的な表面粗さが $Ra0.4$ ミクロンを超えることが好ましく、また、ハニカム構造体を構成する全てのハニカムセグメントの総熱容量に対する、ハニカム構造体内の全ての接合層の総熱容量の比率が30%以下であることが好ましい。さらに、本発明のハニカム構造体においては、その流通孔に直交する断面におけるハニカムセグメント断面形状の角部が曲率半径 0.3mm 以上で丸められているか、または 0.5mm 以上の面取りがされていることが好ましい。

【0010】 また、ハニカム構造体の流通孔に直交する断面におけるハニカム構造体断面に占める接合層総断面面積の比率が17%以下であることが好ましく、さらには、ハニカム構造体の流通孔に直交するハニカム構造体断面における隔壁断面の総和に対する接合層断面の総和の比率が50%以下であることが好ましい。さらにまた、ハニカム構造体の流通孔に直交するハニカム構造体断面内において、隔壁断面に対する接合層断面の比率が中央で大きく、外周側で小さくなっていることが好ましい。

【0011】 上記ハニカムセグメントの材質としては、強度、耐熱性等の観点から、コーゼライト、SiC、SiN、アルミナ、ムライト及びリチウムアルミニウムシリケート(LAS)からなる群より選ばれた1種を主結晶相とすることが好ましい。また、前記ハニカムセグメントには、触媒能を有する金属を担持し、熱機関若しくは燃焼装置の排気ガスの浄化、又は液体燃料若しくは気体燃料の改質に用いられるようにすることが好ましい。触媒能を有する金属としては、Pt、Pd及びRhのうちの少なくとも1種であることが好ましい。さらに、ハニカムセグメントの流通孔の断面形状は、製作上の観点から、三角形、四角形及び六角形のうちのいずれ

かであることが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】 以下、本発明を図面に示す実施形態に基づき更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない。図1(a)(b)(c)(d)は本発明に係るハニカム構造体のハニカムセグメントの各種分割パターンを示す説明図である。図1(a)(b)(c)(d)において、10はハニカム構造体であり、ハニカム構造体10は、2個以上のハニカムセグメント11と、これらのハニカムセグメント11間を接合する接合層12とからなっている。なお、詳しくは図示しないが、ハニカムセグメント11は、図2のように、隔壁14により仕切られた軸方向に貫通する多数の流通孔15を有し、流通孔15の隔壁14が濾過能を有し、所定の流通孔15については一方の端部を封じ、残余の流通孔15については他方の端部を封じた構成を有しているものである。

【0013】 本発明のハニカム構造体においては、接合層12を構成する材質のヤング率を、ハニカムセグメント11を構成する材質のヤング率の20%以下、より好ましくは1%以下とするか、あるいは、接合層12の材料強度を、ハニカムセグメント11の材料強度より小さくしている。このように、接合層12とハニカムセグメント11の材質のヤング率を規定することにより、使用時における熱応力の発生が小さくて、クラックが発生しないような耐久性を有するハニカム構造体とすることができる。また、接合層12のヤング率がハニカムセグメント11のヤング率の20%を超える場合でも、接合層12の材料強度がハニカムセグメント11の材料強度より小さければ、接合層12のみにクラックが生じ、ハニカムセグメント11にはダメージがないため、ハニカム構造体としては十分に機能を維持することができる。ここで、接合層12のヤング率、ハニカムセグメント11のヤング率はそれぞれ材料自体のヤング率を指し、材料固有の物性を指すものである。また、「接合層の材料強度がハニカムセグメントの材料強度より小さい」ということの定義について、図5及び図6を用いて説明する。すなわち、図5に示すような、本発明のハニカム構造体より切り出したテストピース20を準備する。なお、テストピース20は流通孔に直角方向の長さが 40mm 以上で、その中央部に接合層12が位置するように切断する。本発明では、このテストピース20を、図6のような4点曲げ試験(JIS R1601に準ずる)において、接合層12内部、あるいは接合層12とハニカムセグメント11の界面で破壊する確率が50%以上であることを、上記の「接合層の材料強度がハニカムセグメントの材料強度より小さい」と定義する。

【0014】 また、このハニカム構造体では、接合層12に接するハニカムセグメント11の表面の内少なくとも30%以上の面積を占める部分の平均的な表面粗

さがRa0.4ミクロンを越えることが好ましい。これにより、2個以上のハニカムセグメント11間の接合がより強固になり、使用時に剥がれるおそれを殆どなくすることができる。上記の表面粗さRaは、0.8ミクロン以上が更に好ましい。また、ハニカム構造体を構成する全てのハニカムセグメントの総熱容量に対する、ハニカム構造体内の全ての接合層の総熱容量の比率を30%以下、より望ましくは15%以下とすることにより、再生時に捕集したカーボン微粒子を燃焼処理する際（フィルタ再生）、昇温にかかる時間を許容範囲内に小さく抑えることができ、好ましい。

【0015】さらに、本発明のハニカム構造体においては、ハニカム構造体の流通孔に直交する断面におけるハニカムセグメント断面形状の角部が曲率半径0.3mm以上で丸められているか、または0.5mm以上の面取りがされていることが、使用時における熱応力の発生を小さくし、ハニカム構造体にクラックが発生しないような大きな耐久性を付与することができるため、好ましい。

【0016】さらにまた、本発明では、ハニカム構造体の流通孔に直交する断面におけるハニカム構造体断面に占める接合層総断面面積の比率が17%以下であることが好ましく、8%以下であることがより好ましい。これを図3を用いて説明すると、直径Dの断面が円形のハニカム構造体10において、ハニカム構造体10の総断面面積 S_n は、

$$S_n = (\pi/4) \times D^2$$

となり、一方、接合層12の総断面面積 S_s は、図3の斜線部分A（接合層12の断面部）の総面積となる。ここで、 S_s/S_n が17%以下であることが、流体の圧力損失低減の観点から好ましい。

【0017】また、本発明においては、ハニカム構造体の流通孔に直交するハニカム構造体断面における隔壁断面面積の総和に対する接合層断面面積の総和の比率が50%以下であることが好ましく、24%以下であることがさらに好ましい。これを図4を用いて説明すると、ハニカム構造体10の断面における接合層12の断面面積（斜線部分B）の総和を S_s とし、隔壁14の断面面積（網目部分C）の総和を S_c とすると、 S_s/S_c が50%以下であることが、流体の圧力損失低減の観点から好ましい。

【0018】さらに、本発明では、ハニカム構造体の流通孔に直交するハニカム構造体断面内において、隔壁断面面積に対する接合層断面面積の比率が中央部で大きく、外周側で小さくなっていることが好ましい。このような構成とすると、中央付近での単位体積当たりのカーボン微粒子捕集量が外周近傍よりも少なくなり、カーボン微粒子を燃焼させる再生処理時（再生燃焼時）において、高温となりやすい中央近傍での発熱量を低く抑えられ、しかも中央近傍で接合層が密になっているため、その部

分での熱容量を大きくできることから、中央近傍での温度上昇を低く抑えられる。その結果、中央部と外周側の温度差を低減することができ、ハニカム構造体における熱応力を低減することができ、好ましい。

【0019】本発明において、ハニカム構造体の流通孔に直交する断面の断面形状は、円、楕円、レーストラックなど、各種の形状を取り得る。また、本発明のハニカム構造体を構成するハニカムセグメントは、強度、耐熱性等の観点から、コーゼライト、SiC、SiN、アルミナ、ムライト及びリチウムアルミニウムシリケート（LAS）からなる群より選ばれた1種を主結晶相とするものであることが好ましく、熱伝導率の高いSiCは、被熱を放熱しやすいという点で特に好ましい。

【0020】ハニカムセグメントのセル密度は、6~1500セル/平方インチ（0.9~233セル/cm²）が好ましく、50~400セル/平方インチ（7.8~62セル/cm²）が更に好ましい。セル密度が6セル/平方インチ未満になると、ハニカムセグメントとしての強度及び有効GSA（幾何学的表面積）が不足し、1500セル/平方インチを超えると、ガスが流れる場合の圧力損失が大きくなる。また、ハニカム構造体における流通孔の断面形状（セル形状）は、製作上の観点から、三角形、四角形及び六角形のうちのいずれかであることが好ましい。

【0021】また、各ハニカムセグメント間を接合する接合層の材質としては、耐熱性を有するセラミックスファイバー、セラミックス粉、セメント等を単独で、あるいは混合して用いることが好ましく、更に必要に応じて有機バインダー、無機バインダー等を混合して用いてもよいが、これらに限られるものではない。

【0022】本発明のハニカム構造体は、前記したように、隔壁により仕切られた軸方向に貫通する多数の流通孔を有し、該流通孔の隔壁が濾過能を有し、所定の流通孔については一方の端部を封じ、残余の流通孔については他方の端部を封じてなる構造を有するものである。ディーゼルエンジン用パティキュレートフィルタのような、含塵流体中に含まれる粒子状物質を捕集除去するためのフィルターに好適に用いることができる。

【0023】すなわち、このような構造を有するハニカム構造体の一端面より含塵流体を通気させると、含塵流体は、当該一端面側の端部が封じられていない流通孔よりハニカム構造体内部に流入し、濾過能を有する多孔質の隔壁を通過して、ハニカム構造体の他端面側が封じられていない他の流通孔に入る。そして、この隔壁を通過する際に含塵流体中の粒子状物質が隔壁に捕捉され、粒子状物質を除去された浄化後の流体がハニカム構造体の他端面より排出される。

【0024】なお、捕捉された粒子状物質が隔壁上に堆積してくると、目詰まりを起こしてフィルターとしての機能が低下するので、定期的にヒーター等の加熱手段

10

20

30

40

50

でハニカム構造体を加熱することにより、粒子状物質を燃焼除去し、フィルター機能を再生させるようにする。この再生時の粒子状物質を燃焼を促進するために、ハニカムセグメントに後述のごとき触媒能を有する金属を担持させてもよい。

【0025】 一方、本発明のハニカム構造体を、触媒担体として内燃機関等の熱機関の排気ガスの浄化、又は液体燃料若しくは気体燃料の改質に用いようとする場合、ハニカムセグメントに触媒能を有する金属を担持するようにする。触媒能を有する金属の代表的なものとし

ては、Pt、Pd、Rhが挙げられ、これらのうちの少なくとも1種をハニカムセグメントに担持することが好ましい。

【0026】

【実施例】 以下、本発明を実施例に基づいて更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

(実施例1～10、比較例1) 隔壁の厚さが0.38mm

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	比較例1
分割構造	(a)	(b)	(b)	(b)	(c)	(c)	(c)	(d)	(c)	(c)	一体品
隔壁材質ヤング率(GPa)	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
接合層材質ヤング率(GPa)	0.4	4	4	4	8	8	8	4	30	30	-
接合層ヤング率/隔壁ヤング率(%)	1	10	10	10	19	19	19	10	71	71	-
セグメント角部	R0.3	鋭角	R0.3	R0.3	R0.3	R0.3	R0.3	R0.3	R0.3	R0.3	-
再生試験結果 (セグメントクラック)	スス量 大	無し	有り	有り	有り	有り	有り	有り	無し	無し	有り
	スス量 標準	無し	有り	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	有り

セグメント表面の粗さ(Ra μm)	0.8	0.8	0.3	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-
試験後の軸方向のずれ	無し	無し	有り	有り	無し	無し	無し	無し	無し	無し	-

隔壁厚さ(mm)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
接合層厚さ(mm)	2	2	2	2	4	2	5	2	1	2	2
接合層面積/構造体面積(%)	3.5	4.4	4.4	4.4	17	8.5	21	5.3	4.3	8.5	-
接合層面積/隔壁面積(%)	9.7	12.2	12.2	12.2	50	24.5	70.5	14.7	12.3	24.5	-
流体圧力損失試験結果	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲	大	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲
再生時間	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲	長	許容範囲	許容範囲	許容範囲	許容範囲
熱容量比(%)	6	7	7	7	30	15	42	9	8	15	-

接合層強度(セグメント強度に対して)	大	大	大	大	大	大	大	大	小	小	-
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

【0029】(評価) 表1の結果から明らかなように、本発明で規定する要件を満足する場合には、流体の圧力損失もそれほど大きくなり、許容範囲(10kPa)内であり、再生時間も許容範囲(15min)内であった。

【0030】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のハニカム構造体によれば、使用時において熱応力の発生が小さく、クラックが発生しない耐久性を有するとともに、中央部と外周部の温度差が生じにくく、しかも流体の圧力損失が小さいという顕著な効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るハニカム構造体のハニカムセグメントの各種分割パターン(a)(b)(c)(d)を示す説明図で

* m、セル密度が200セル/平方インチ(31セル/cm²)、外周部厚さが0.5mmのSiC製ハニカムセグメントを用い、接合層としてセラミックスファイバー、セラミックス粉、有機及び無機バインダーの混合物を用いて、種々の分割構造を有する、寸法がφ144mm×153mmのハニカム構造体を作製した。得られたハニカム構造体の分割構造、材質のヤング率などの特性を表1に示す。また、表1中の表面粗さは、接合層に接するハニカムセグメントの表面全体の平均的な表面粗さを示す。

【0027】 このハニカム構造体は、所定の流通孔については一方の端部を封じ、残余の流通孔については他方の端部を封じてなる構造のディーゼルエンジン排気浄化パーティキュレートフィルタであり、このハニカム構造体について、流体の圧力損失試験、及び再生試験を行った。その結果を表1に示す。

【0028】

【表1】

ある。

【図2】 ハニカム構造体のセル構造を示す一部拡大図である。

【図3】 ハニカム構造体の一例を示す断面説明図である。

【図4】 ハニカム構造体のセル構造と接合層を示す一部拡大図である。

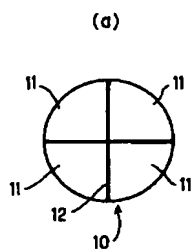
【図5】 ハニカム構造体から切り出されたテストピースの一例を示す斜視図である。

【図6】 4点曲げ試験の例を示す説明図である。

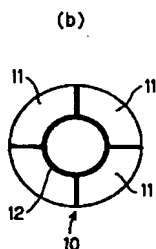
【符号の説明】

10…ハニカム構造体、11…ハニカムセグメント、12…接合層、14…隔壁、15…流通孔、20…テストピース。

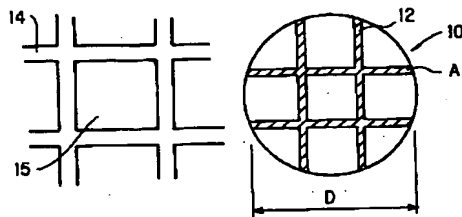
【図1】



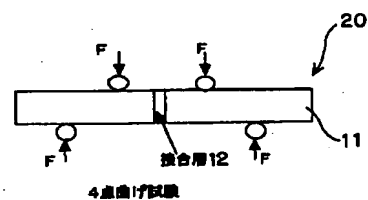
【図2】



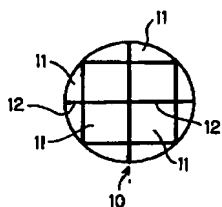
【図3】



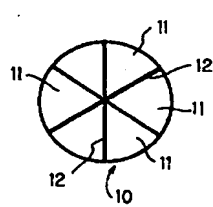
【図6】



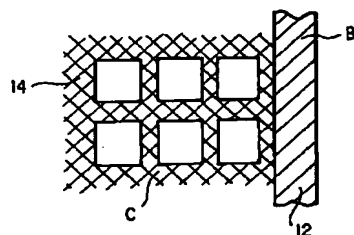
(c)



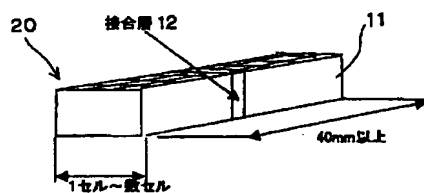
(d)



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(S1)Int.Cl.
B01J 35/04

識別記号
301

FI
B01D 53/36

テーマワード (参考)
ZABC

F ターム(参考) 4D048 AA14 BA03Y BA06X BA06Y
BA10Y BA14Y BA30Y BA31Y
BA33Y BA41Y BA42Y BA45X
BA46Y BB02 BD04 CC38
4D058 JA32 JB06 JB22 KA12 MA41
SA08 TA06
4G069 AA01 AA03 AA08 BA01A
BA02A BA03A BA13A BA15A
BB06A BB11A BB15A BB15B
BC04A BC10A BD05A BD05B
CA03 CA07 CA18 DA06 EA18
ED05 ED06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.